•		-	
-	47	7	
n	r	_	

AVAILABLE COPY	EC Classification: Col1\(10.2\) Col2\(10.2\) Col1\(10.2\) Col1\(10.2\)
	Inventor(s): EBERHARD JEFFREY W (US); HEDENGREN KRISTIN (US): G01N23/04; G06F15/42 Priority Number(s): G01N23/04; G06F15/42 BEST PROBLICATION (US): G01N23/04; G06F15/42
	Applicant(s): GEN ELECTRIC (US) Requested Patent: US19880194235 19880516 Priority Number: US19880194235 19880516 BEST (DE3915370) PC Classification: G01N23/04; G06F15/42
AVAILABLE COPY	Requested Patent: Classification: C01N23/04; G06F15/42 Priority Number(s): US19880194235 19880516 IPC Classification: G01N23/04; G06F15/42
AVAILABLE COPY	Application Number: US19880194235 19880516 Priority Number(s): US19880194235 19880516 IPC Classification: G01N23/04; G06F15/42
TYOU SJEAJIAVA	Priority Number(s): US19880194235 19880516 PPC Classification: G01N23/04; G06F15/42
	IPC Classification: G01N23/04; G06F15/42
6770 6 0779	Equivalents:
	igentadA
	Abstract
ocessing to supplement the available ved from a solid modeler, physics of mproving limited-angle X-ray path provided by calculating x-ray path hysical parameters of the part and struct the CT image, In an iterative	The quality of incomplete data Mon-Destructive Evaluation and Computed Tor incorporating a priori information into the image reconstruction and image proof data. The a priori information is provided by electronic models of the part deriving inspection process, and outputs of touch and other sensors. Methods of insages are given. Calculated projection data in the missing angular range is plengths through a solid model of the part, and x-ray attenuation from known preconstruction approach, precise boundary information from a model and calculatory the limited angle image.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

Same of the state of the same of the same

, : , ;

C 03 B 45/00 C 01 N 23/04 30, 11, 89

11. 5.89

(2) Aktenzeichen: E.07E 31 9E 9

(4) Offenlegungstag:

:getablamnA (()

TMATN3TA9 DEUTSCHES

(7) Erfinder:

Helena Valborg, Schenectady, N.Y., US Eberhard, Jeffrey Wayne; Hedengren, Kristina

36.25er SU 88.20.3f 35 Unionsprioritāt:

:19blamnA (II)

General Electric Co., Schenectady, N.Y., US

(M) Vertreter:

Schüler, H., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 6000

Werbesserung der Bildqualität durch Benutzung von a priori-Information

aus begrenztem Winkel zu verbessern. und berechnete Schwächung sind Information, um das Bild tion, genaue Information über die Grenzen von einem Modell konstruieren. Ein Herangehen über die iterative Rekonstrukden kombiniert, um das Computertomographie-Bild zu rele. Die gemessenen und errechneten Projektionsdaten werkannten physikalischen Parametern des Teiles und der Quelstes Modell des Teiles, die Röntgenschwächung aus beet durch Berechnen der Röntgen-Pfadlängen durch ein fe-Projektionsdaten im fehlenden Winkelbereich werden geliebildern mit begrenztem Winkel sind angegeben. Errechnete ren. Verfahren zum Verbessern von Röntgen-Tomographierens und der Anzeigen von Berührungs- und anderen Sensoierer abgeleitet sind, der Physik des Untersuchungsverfah-Modellen des Teiles geliefert, die von einem festen Modellganzen. Die Apriori-Information wird von elektronischen. verarbeitung verbessert, um die verfügbaren Daten zu er-Apriori-Information in die Bildrekonstruktion und die Bilddigen Daten beruhenden Bildern wird durch Einbeziehen von und der Computertomographie erhaltenen, auf unvollstän-Die Qualität von bei der zerstörungsfreien Untersuchung

Beschreibung

Grenze liefern. mation sowohl über das Innere als auch die äußere schen Modelles ist es, daß solche festen Modelle Infor-Apriori-Information liefern. Ein Vorteil des elektroni-5 die Grenze von einem Berührungssensor, zusätzliche Teiles erhalten worden sind, wie die Information über Sensoranzeigen, die während der Untersuchung des und die Abbildungsmittelquelle. Drittens können andere ebenso wie die physikalischen Eigenschaften des Teiles

IR- und visuelle Inspektion, auf diese genannten Gebieschalluntersuchung, Wirbelstromuntersuchung sowie Röntgen-Abbildungen, digitale Radiographie, Ultraken und Modalitäten anwendbar, einschließlich auf Die Erfindung ist auf viele NDE-Abbildungstechni-

Abbildens unter Verwendung verbesserter Apriori-In-Ein Aspekt der Erfindung ist ein Verfahren des NDE-

20 einen verfügbaren Bereich und Erzeugen gemessener Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel über formation, umfassend die Stufen:

Schaffen ausgewählter physikalischer Eigenschaften des und Errechnen der relevanten Geometrie des Teiles und Schaffen eines dreidimensionalen Modells des Teiles Parameterdaten der Abbildung; "

Dereich, der wegen physikalischer oder betriebsmäßiger ten der Abbildung über einen nicht verfügbaren Abtastgenschaften des Teiles und Errechnen der Parameterda-Kombinieren der Geometrie und der physikalischen Ei-

errechneten Bildparameterdaten. Bilden eines Bildes des Teiles aus den gemessenen und.

40 Winkelbereich und das Erzeugen gemessener Projekeines Teiles mit Röntgenstrahlen über einen begrenzten tionsdaten ist ein Verlahren, umlassend das Abtasten Apriori-Information. Der Lösungsweg über die Projekmit begrenziem Winkel unter Verwendung genauerer 35 Qualität von Röntgen-Computertomographie-Bildern: sind drei Arten des Herangehens zur Verbesserung der Die bevorzugten Ausführungsformen der Erlindung

der Röntgenquelle; Imaging with Limited-Angle Input", K.C. Tam und V. 15 Dekannten physikalischen Parametern des Teiles und leitet ist und Errechnen der Röntgenschwächung aus von einem dreidimensionalen lesten Modellierer abge-Schalfen eines elektronischen Modelles des Teils, das tionsdaten aus verfügbaren Betrachtungswinkeln;

trachtungswinkeln aus den Pfadlängen und der Schwä--Errechnen von Projektionsdaten an den fehlenden Be-

von dem die Pfadlängen errechnet werden. Modell zu einem zweidimensionalen Pixelbild umfaßt, des Umwandelns det Geometrieides Teiles vom festen Eine weitere Aufgabe ist die Schallung verbesserter 55 gen durch das elektronische Modell eine Zwischenstufe deres Merkmal ist es, daß die Berechnung der Pfadlängraphie-Rekonstruktionsalgorithmen ergeben. Ein aneinen vollständigen Datensatz für die Computertomonen und errechneten Projektionsdaten, die zusammen Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist das 30 Rekonstruieren eines Bildes des Teiles aus den gemessecunua nuq

Abtasten des verfügbaren Bereiches begrenzten Win-:Jusi Das Bild-Verarbeitungs- und -Analyseverfahren um-

kels mit Röntgenstrahlen und Rekonstruieren eines

gerade beschrieben; 🗥 elektronische Modell und die Röntgenschwächung, wie Errechnen der Projektionsdaten des Modells bei einem Teilbildes aus gemessenen Projektionsdaten;

Rekonstruieren eines Teilbildes des Modells von Mo-

zerstörungsfreien Untersuchung. unvollständige Bilddaten im Zusammenhang mit der sonderen das Einbeziehen von Apriori-Information in chung erhaltenen Bildern, und sie betrifft mehr im beder Qualität von bei der zerstörungsfreien Untersu-Die Erlindung betrifft ein Verfahren zum Verbessern

das Ergebnis, und Bilder aus unvollständigen Daten zeivolle Messung zu gestatten. Unvollständige Daten sind gendes Eindringen der Röntgenstrahlen für eine sinn- 30 Beschränkungen nicht abgetastet werden kann und Röntgenstrahlen durch das Teil zu groß, um ein genüzontale Abtastung erfolgt, ist die Länge des Pfades der Abschnitt des Winkelbereiches; selbst wenn eine hori-Teiles 12 die Abtastung zur Datensammlung über einen tor bei 10 und 11 gezeigt sind, behindern Abschnitte des 25 Teiles und möglichst der Abbildungsmittelquelle; ten. In Fig. 1, z.B, wo die Röntgenquelle und der Detekin einigen Richtungen oder an einigen Stellen zu gestat-Röntgenstrahlen zu sehr schwächen, um das Eindringen men werden können, in anderen Fällen mag das Teil derlichen Blickwinkeln um das Teil herum aufgenomsolchen Weise zu handhaben, daß Daten in allen criorwissen Fällen mag es unmöglich sein, ein Teil in einer Röntgen-Computertomographie als ein Beispiel. In geist jedoch nicht immer verfügbar. Man betrachte die timmt. Ein vollständiger Satz für die Bildrekonstruktion 15 te ist die Erfindung jedoch nicht beschränkt. des l'elles und etwa darin vorhandener Fehler übereinsden sind, um ein Bild zu schaffen, das mit der Geometrie genügend räumliche und winkelmäßige Proben vorhanauf einem vollständigen Datensatz beruhen, wenn z.B. züglich eines Teiles werden erhalten, wenn die Bilder Gute Bildqualität und wesentliche Information be-

allgemeinen recht begrenzt. ist, und die Techniken zu ihrem Gebrauch waren im 582 - 592 (1881). Die Apriori-Information, die verfügbar Perez-Mendez, "J.Opt.Soc. Am.", Band 71, Seiten stalt (siehe US-PS 45.06 327) sowie "Tomographical der Pixel im Bild sowie Information über die Grobgepunkte) in einem Bild einschließen, den Maximalwert Das letztere mag die Nicht-Negativität der Pixel (Bildnerativen bzw wiederholenden Weise einzubringen. ten sowie Versuche, gewisse Teilinformation in einer über Fehler direkt aus dem Bild mit Artefakten zu erhalblem schließen Versuche ein, relevante Information Frühere, Techniken zur Belassung mit diesem Pro-

keit beschränken, das Teil richtig zu inspizieren und

gen im allgemeinen ernste Artefakte, die die Möglich-

Fehler zu finden.

ren gemessenen Daten. beitung zum Ergänzen der Information in den verfügba-Information in die Bildrekonstruktion sowie Bildverarwirksame Einbringen merklicher Mengen von Apriori-

lesten Modelliersystemen erlangt hat. wie die genaue Kenntnis der Teilgeometrie, die man von 60 sind, indem man genauere Apriori-Information einführt, tuationen, in denen unvollständige Daten verfügbar genden abgekürzt "NDE-Bilder" genannt) in solchen Si-Bilder bei der zerstörungsfreien Untersuchung (im fol-

Geometrie des Untersüchungsverfahrens bekannt sionales Modell ergibt. Zweitens sind die Physik und Festmodellierer ausgewählt, der ein genaues dreidimen-CAD-elektronisches Modell eines Teiles; es wird ein 65 kompletten Satz von Betrachtungswinkeln durch das Computer unterstütztes Zeichnen erhaltenes bzw. tion, die benutzt werden können. Als erstes ein durch Es gibt verschiedene Quellen von Apriori-Informa-

den Betätigungsring ist bei 22 in Fig. 3a gezeigt, und triebwerkes. Ein komplexer Vertikal-Querschnitt durch Betätigungsring für eine Auslabdüse eines Flugzeug-Röntgen-Computertomographie-Untersuchung ist ein Ein typisches großes interessierendes Teil für die beitung benutzt werden oder nur bei einem von beiden. wohl bei der Bildformation als auch bei der Bildverar-Algorithmus. Dann kann die Apriori-Information sowird, entweder von einer Bedienungsperson oder einem Crundlage dessen, was im endgültigen Bild gefunden Zurückweisungsentscheidungen gemacht auf der räume im Metall aufweist. Es werden Annahme- und werden, um festzustellen, ob er Rostflecke oder Hohlstimmt. So kann z.B. ein Stahlgegenstand untersucht Eigenschaften seiner Fehler werden vom Endbild bebessern. Die Materialeigenschaften des Bildes und die rithmus benutzt, um die Qualität des Endbildes zu verke 19 bis 21, wird durch einen Bildverarbeitungs-Algoständigen Daten, z.B. Die Apriori-Information, die Blökschen enthalten oder Ariefakte aufgrund von unvoll-Zweck haben oder nicht. Das Zwischenbild könnte Raumag eine ausreichende Qualität für den beabsichtigten Physik des Untersuchungsverfahrens. Das Zwischenbild Abbildungsmittelquelle, abgeleitet von der Kenntnis der schen Parametern des Teiles und, wenn möglich, der dellen des Teiles oder von Sensoren und den physikaliund 18, der Kenntnis der Geometrie des Teiles von Momation wird aus zwei Quellen erhalten, den Blöcken 17 schenbild zu ergeben. Die erforderliche Apriori-Infor-

tion, die in der Blaupause eines ausgewählten Industrie-

prauch gemacht von praktisch der gesamten informa-

Information über die Geometrie des Teiles. Es wird Ge-

Teiles, das abgeleitet ist von einem dreidimensionalen Ein elektronisches CAD-Modell, ein festes Modell des

her Qualität vergleichbar einem Bild mit vollständigen

Bild mit unvollständigen NDE-Daten ergibt ein Bild homerklicher Mengen genauer Apriori-Information in das

Winkel. Die Verfahren der Erfindung zum Einbeziehen

len ist auf der Grundlage solcher Bilder aus begrenztem Qualität des Teiles außerordentlich schwer zu beurtei-

tungen verlaufen, und es wurde festgestellt, daß im gan-

über Wände, die parallel zu den sehlenden Datenrich-

sonders bemerkenswert ist das Fehlen von information

Röntgenstrahlen in der Längsrichtung ein Problem. Be-

genverhältnisses des Schnittes ist das Eindringen der

: breit und aufgrund des relativ großen Aspekt- bzw. Län-

Der Querschnitt des Teiles ist beträchtlich höher als

zur Längsachse des Teiles 22, wie es in Fig. 4 gezeigt ist. Daten liegen in einem 40°-Kegel, von den 180°, parallel

zeigt, ist bei 23 in Fig. 3b wiedergegeben. Die fehlenden

mographie-Bildes, aber mit unvollständigen Daten,

tes, der charakteristische Merkmale eines Computerto-

180° vollständige Daten. Ein Bild des gleichen Abschnit-

Für parallele Strahldaten ergibt eine Abtastung über

mit vollständigen Daten würde aussehen wie in Fig. 3a.

liegt. Ein rekonstruiertes Computertomographie-Bild

graphie-Schnitt parallel zur Symmetrieachse des Teiles

teil des Teiles zu schaffen, so daß der Computertomo-

mographie, Scheiben bzw. -Schnitte durch jeden Wand-

tersuchungskonfiguration besteht darin, Computerto-

· Ji

中心都由

44

Se. 1

1

100

377

1:0

Techniken schwer zu untersuchen ist. Die optimale Un-Struktur mit mehreren Wänden, die mit üblichen UDEobere Wand hinaus erstrecken. Dieses Teil hat eine Vorsprünge, die sich an fünf Stellen in dem Teil über die

auf die Zeichnung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Im folgenden wird die Erfindung unter Bezugnahme genügende Bildqualität erhalten wird. Iterieren bzw. Wiederholen, wie erforderlich, bis eine 30 dieser Schnitt geht durch eine der Naben bzw. einen der tionsdaten und Projektionsdaten und errechneten fehlenden Projek-Rekonstruieren eines neuen Bildes aus den gemessenen lenden Betrachtungswinkeln von dem modifizierten 25 Errechnen der fehlenden Projektionsdaten aus den fehximalwert setzt; als ein vorausgewählter Schwächungswert, auf den Ma-

zum Einbringen wichtiger und genauerer Apriori-Infor-Fig. 2 ein Blockdiagramm einer allgemeinen Technik kelbereich auszuführen; möglich machen, ein Abtasten über den gesamten Win- 35 Fig. 1 einen Gegenstand mit Vorsprüngen, die es un-

Null, negative Pixel auf Null und Pixel, die größer sind

das Einstellen des Bildes mit dieser Apriori-Information,

les und der Röntgenschwächung aus bekannten physi-Grenzinsormation des Teiles von einem Modell des Tei-

mit Röntgenstrahlen und das Rekonstruieren eines Bil-

Abtasten des verfügbaren begrenzten Winkelbereiches. Das iterative Rekonstruktionsverfahren umfaßt das

dells, das einen Rekonstruktionsfehler begrenzten Win-

Modells zur Schalfung eines Differenzbildes des Mo-Subtrahieren des vollständigen und des Teilbildes des

Bildes des Modells von den vollständigen Modell-Pro-

wie die gemessenen Daten sowie eines vollständigen

kalischen Parametern;

kels repräsentiert und

jektionsdaten und

Schaffung eines endgültigen Bildes.

indem man Pixel außerhalb der Grenze des Teiles auf 20

des von gemessenen Daten; das Berechnen der genauen 15

struierten Teilbildes und des Modell-Differenzbildes zur 10 Kombinieren des von den gemessenen Daten rekon-

eines Triebwerkes, die mit vollständigen und unvollständern eines: vertikalen Querschnittes durch einen Teil Fig. 3a und 3b charakteristische Merkmale von Bil-Bildformation; 🔅 🔅 🕆

mation über einen Gegenstand in das Verfahren zur

Fig. 4 eine Röntgen-Computertomographie-Untersu- 45 digen Daten rekonstruiert wurden; 🛴 🏄

formation gemäß der Erfindung; und fehlenden Projektionen, errechnet aus Apriori-Ingeleitet von einem Datensatz bei begrenztem Winkel chung des Teiles und der gemessenen Projektionen, ab-

und zur Verbesserung der Qualität von NDE-Bildern; jektionsdaten zur Mutzung von Apriori-Information Fig. 5 ein Blockdiagramm des Herangehens mit Pro-

tionsdaten, die im Vorgenannten erforderlich sind; Fig. 6 die Stufen zum Berechnen sehlender, Projek-

rativer bzw. wiederholender Rekonstruktion;

tionstechnik und Apriori-Information gemäß der iterativen Rekonstruk-

Fig. 9 ein Blockdiagramm der Bildanalyse und des 60

Fig. 8 die Stufen beim Errechnen und Benutzen von

Fig. 7 ein Blockdiagramm des Lösungsweges mit ite- 55, zen Bild Artefakte vorhanden sind. Es ist klar, daß die

mus mit Apriori-Information kombiniert, um ein Zwi-

mentellen Daten durch den Bild-Formationsalgorith-

wird direkt errechnet auch mit einem Berührungssensor und anderen zusätzli- 35 eingegeben wird die Pladlänge und die Schwächung auf alle Energien in der Röntgenröhre anwendbar sind; re Berechnung besteht darin, Tabellen zu benutzen, die Koeffizienten ergibt die Projektionsdaten. Eine genaue-Formel gemischt. Multiplizieren der Pfadlänge mit dem Legierung, und diese werden gemäß einer gegebenen einen Schwächungskoeffizienten für jedes Element der röhre zu benutzen: Veröffentlichte Tabellen enthalten sahren besteht darin, die mittlere Energie der Röntgenteile der Legierung bekannt Ein geeignetes Rechenverwenn es eine Metallegierung ist, dann sind die Bestand-Das Material ist auf der Blaupause angegeben, und ge, dem Material des Teiles und der Röntgenenergie ab. Röntgenschwächung des Teiles hängt von der Pfadlän-Computer to mographie-Rekonstruktions funktion. (1977). Das Donner-Paket liefert auch die grundlegende rence Berkeley Laboratory, Universität von Kalifornien konstruktionstomographie, R.H. Huseman et al, Lawter Verwendung der Donner-Algorithmen für die Retehlenden Winkelbereich können errechnet werden un-15 zu jedem Detektorelement. Die Pfadlängen im Teil imnenden Pfadlängen geben, vom Brennpunkt der Quelle eine Reihe, dann mag es eine große Zahl von zu errechwerden würden, sind errechnet. Ist der Röntgendetektor und Pladlängen, die von Röntgenstrahlen genommen 10 wird in ein zweidimensionales Pixelbild umgewandelt, Ein Schnitt durch das dreidimensionale leste Modell Röntgenquelle sind in Fig. 6, Blöcke 30 bis 34, gezeigt. kannten physikalischen Parametern des Teiles sowie der Geometrie des Teiles vom sesten Modellierer und bematische Darstellung bestimmt die Genauigkeit des 5 sehlender Projektionsdaten unter Verwendung der ausgezeichnete Bildqualität. Die Stufen beim Berechnen tionsalgorithmen. Das fertige Bild des Teiles hat eine tensatz für die Computertomographiebild-Rekonstrukjektionsdaten zusammen liefern einen vollständigen Da-

DE-O2 38 06 110 pezchrieben. Dies ergipt jedoch nur konvexe Außenhülle des Teiles zu bestimmen, wie in der Außengrenze. Eine andere Alternative besteht darin, die nutzt werden, doch gibt dieser nur Information über die Benhülle, vorausgesetzt ein Berührungssensor kann beinneren Grenzen. Alternativ die dreidimensionale Autellweise hohl ist, ebenso genaue Information über die die Außengrenze, und wenn das Teil, wie das in Fig. 3a, 🕆 Der Lösungsweg mit den Projektionsdaten gemäß 60 stem abgeleitet wird, liefert genaue Information über elektronische Modell, das von einem Festmodelliersyformation über die Grenzen des Teiles errechnet. Das wender Ein Modell des Teiles wird geschaften und In-44 werden auf das Bild mit begrenztem Winkel ange-53 'Arten von Apriori-Information, die Blöcke 38 und 42 bis .. ten Projektionen im Projektionsraum korrigiert. Drei den Gegenstand im Gegenstandsraum und die bekanndabei wiederholf durch eine Apriori-Information über raum durch Projektion hin und her transformiert und sungsweg über die Projektionsdäten, der Lösungsweg 30' durch gefilterte Rückprojektion und dem Projektionskonstruierte Bild zwischen dem Gegenstandsraum rithmus benutzt. Bei diesem Lösungsweg wird das reque geniterte Rückprojektion oder einen anderen Algofügbaren Projektionsdaten rekonstruiert, wobei man 45 Fig. 7 wird ein reales Teilbild eines Teiles von den verwerden gesammelt. Gemäß den Blöcken 35 bis 37 in kelpereich ausgeführt und gemessene Projektionsdaten des Teiles wird über den verfügbaren begrenzten Win-Apriori-Information benutzt: Eine Röntgenabtastung elektronischen Modell differiert. Ist das Teil relativ ein- 40, Medez veröffentlicht ist, aber eine deutlich verbesserte das in dem oben genannten Artikel von Tam und Perezgestellt in den Fig. 7 und 8, beruht auf einem Verfahren, Der Lösungsweg der iterativen Rekonstruktion, dar-

> chende Genauigkeit für das tatsächliche Herstellen ha- 25 me können benutzt werden, doch sollten sie eine ausrei-Bezug genommen werden. Andere Festmodelliersyste-New York 12301. Es kann auch auf die US-PS 46 18 924 Research and Development, Postfach 8, Schenectady, und J.R. Hinds (1985), General Electric Co., Corporate 20 Unitied Cubic Engine - User's Guide", R.T. Farouki schrieben in 'TRUCE - The Tridimensional Rational der feste Modellierer TRUCE von General Electric, behältlich ist. Das bevorzugte feste Modelliersystem ist Lerstören des Gegenstandes normalerweise nicht erunter bestimmten Bedingungen, Information, die ohne mation zu liefern über das Aussehen des Gegenstandes, Modell kann gedreht und geschnitten werden, um Inforven und Punkten geschaften werden. Ein genaues festes chen geschaffen werden können, die wiederum aus Kurschaffen werden, während feste Modelle aus Oberflänen durch Punkte und diese verbindende Bögen gedelle, die für diese Anwendung unannehmbar sind, kön-Modelles des Gegenstandes: Einfache Drahtrahmenmo-Computergebrauch praktisch ist. Die spezifische mathe-Teiles, die in einem Format gespeichert wird, das zum eine mathematische Darstellung der Geometrie eines teiles verfügbar ist. Ein elektronisches Modell ist einfach

Teiles, das der abgebildete Parameter bei der Röntgenchung wirksam das Röntgenabsorptionsvermögen des z.B. die Röntgenphysik und geometrie der Untersu-Physik des Untersuchungsverfahrens. So bestimmen Eine andere Quelle für Apriori-Information ist die inneren Teilgrenzen sowie die äußeren Grenzen.

ben. Das Festmodell liefert genaue Information über die

Computer to mographie 1st,

außere Begrenzung des Teiles sein. Quelle für die zusätzliche Apriori-Information über die sensor abgetastet werden, dann mag dieser die einzige tach und kann es vollständig durch einen Berührungs-Information darüber, wie weit ein hergestelltes Teil vom Information über den Ort des Teiles sowie zusätzliche suchung des Teiles anfallen. Ein solcher Sensor liefert chen Sensoranzeigen erhalten, die während der Unter-Information über die Geometrie des Teiles kann man

putertomographie-Bildes zu verbessern. tastbereich kombiniert sind, um die Qualität des Com-Betrachtungswinkeln über den nicht verfügbaren Abfehlenden Projektionen 25 aus dem Modell an fehlenden über den begrenzten Winkelbereich mit synthetisierten Projektionen 24 an verfügbaren Beirachtungswinkeln zept ist in Fig. 4 veranschaulicht, wo'die gemessenen über die Bildanalyse und -verarbeitung. Das Grundkonuder die iterative Kekonstruktion und der Lösungsweg. Einbeziehen von Apriori-Information diskutiert, der Lölität zu verbessern. Es werden drei Lösungswege zum begrenztem Winkel entwickelt worden, um die Bildqua-Modellinformation in Computertomographie-Bilder mit Es sind verschiedene Techniken zum Einbeziehen von

Winkelbereich. Die gemessenen und errechneten Propereich und errechneten Projektionsdaten im fehlenden gemessenen Projektionsdaten im verfügbaren Winkel-Rekonstruieren des Computertomographie-Bildes aus sten Modell über den sehlenden Winkelbereich und das reich, das Errechnen von Projektionsdaten aus dem fener Projektionsdaten über den verfügbaren Winkelbe-Fig. 5, Blocke 26 bis 29, umfaßt das Erwerben gemesse-

Teiles zu erhalten. Wie bei 55 gezeigt, können in dieser iert ist, um das beste Computertomographie-Bild 54 des miert, das aus gemessenen Projektionsdaten rekonstruwird dann bei 53 mit dem Teilbild kombiniert oder sum-

5 Stule andere Bildverarbeitungen ausgeführt werden.

hen genauerer Apriori-Information diskutiert. Welches bessern der Qualität von NDE-Bildern durch Einbezie-Es wurden diei Techniken und Verlahren zum Ver-

10 lerinformation ab, die gesucht wird. Verfahren ausgewählt wird, hängt von der Art von Feh-

suchbar waren, nun'unter Anwendung dieser Verfahren früher mit den üblichen NDE-Techniken nicht unterakte beseitigt. Es wurde festgestellt, daß einige Teile, die über die Projektionsdaten ist am besten, weil er Artelmit nur 5 bis 10% Unterschied, und der Lösungsweg Ein Mikrolunker ist andererseits nahe dem Hintergrund nen starken Kontrast mit dem Ausgangsmaterial gibt. siv, am besten, um Hohlraume festzustellen, weil es eitive Rekonstruktion ist obwohl computermälig inten-Der Lösungsweg bzw. das Herangehen über die itera-

den können, wird augenscheinlich sein. Das Verfahren Grund, warum vollständige Daten nicht gemessen wervollständige Daten gesammelt werden können. Der ten kann es einen Grund dafür geben, warum nur unnicht beschränkt. Bei jedem dieser Abbildungsmodalitävisuellen Untersuchung und anderen, doch ist sie darauf stung usw.), der Wirbelstromuntersuchung, der IR- und der Ultraschalluntersuchung (B-Abtastung, C-Abtagen-Computertomographie, der Digital-Radiographie, dungstechnik benutzt werden, einschließlich der Rönt-Die Erfindung kann bei nahezu jeder NDE-Abbiluntersuchbar sind.

des MDE-Abbildens durch Einbeziehen von Apriori-In-

formation wird folgendermaßen zusammengefaßt:

Dann wird ein Bild des Teiles aus den kombinierten einer Einschränkung nicht abgetastet werden kann. verfügbaren Abtastbereich zu bestimmen, der aufgrund rechnete Abbildungsparameter-Daten über einen nicht formation über die Geometrie des Teiles und dessen sowie die Abbildungsmittelquelle sind bekannt. Die Invante Geometrie des Teiles, errechnet. Ausgewählte messene Abbildungsparameter-Daten erzeugt. Von eifügbaren Abtasthereich abgetastet, und es werden gestrahlen, Ultraschall, IR-Strahlung usw.) über den ver-Ein Teil wird mit einem Abbildungsmittel (Röntgen-

ここかない ないない からか

CT Imaging", Review of Progress in Quantitative, Non-Use of a Priori Information in Incomplete Data X-ray von den Erfindern in ihrer technischen Veröffentlichung dung eines CAD-Modells des Betätigungsringes werden Information und Simulationsergebnisse unter Verwengemessenen und errechneten Daten gebildet Weitere physikalische Eigenschaften werden kombiniert, um erphysikalische Parameter und Eigenschaften des Teilesnem dreidimensionalen Modell des Teiles wird die rele-

Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel Information, umfassend: en Untersuchung durch Einbeziehen von Apriori-

1. Verfahren zum Abbilden bei der zerstörungsfrei-

Patentansprüche

über einen verfügbaren Abtastbereich und Erzeu-

Eigenschaften des Teiles und einer Abbildungsmit-Teiles sowie Lieferung ausgewählter physikalischer les und Errechnen der relevanten Geometrie des Schaffen eines dreidimensionalen Modells des Teigen gemessener Abbildungsparameter-Daten;

> der Grenze des Teiles auf Null setzt. Wo die Informa-37 werden eingestellt, indem man zuerst Pixel außerhalb Pixelwerte im realen Computertomographie-Teilbild beiden Parameter multipliziert. und die Röntgenquellenenergie berechnet und diese chungskoeffizienten bei bekanntem Material des Teiles indem man die Pladlänge durch das Teil, den Schwädurch das Teil wird wie bereits beschrieben errechnet, Information über die Außengrenze. Die Schwächung

Das Verfahren zur Bildverarbeitung und-analyse, gültige Bild 41 auszugeben. erforderlich ist oder ob die Qualität ausreicht, das endgenztest, Block 40, bestimmt, ob eine, weitere, Iteration struktionen konvergieren und ein geeigneter Konverchende Bildqualität erhalten ist. Die iterativen Rekonbesserten Bildern 37 wird rekonstruiert, bis eine ausreiderholt bzw. iteriert. Eine Reihe von fortschreitend ver-Das vorgenannte Verfahren wird, wie erforderlich, wie- 25 graphie-Bild im fehlenden Winkelbereich ein neues Bild. Projektionsdaten vom modifizierten Computertomoim verfügbaren Winkelbereich und den errechneten konstruiert man aus den gemessenen Projektionsdaten dem erhaltenen modifizierten Bild errechnet. Dann re- 20 Berhalb des begrenzten Winkelbereiches, werden aus sehlenden Projektionsdaten, Block 39, in Winkeln au-Schwächung oder das Doppelte dieses Wertes sein. Die Maximalwert. Das Maximum kann z.B. die errechnete ein ausgewählter maximaler Schwächungswert, auf den 15 gesetzt. Als drittes setzt man Pixel, die größer sind als bekannt. Als zweites werden negative Pixel auf Mull. ren Grenzen beide zu einem hohen Genauigkeitsgrad schen Modell erhalten wird, sind die äußeren und innetion über die Grenze des Teiles von einem elektroni-

Rekonstruktionsfehler bei begrenztem Winkel darstellt, realen Teilbilder konstruiert. Das Differenzbild, das den tion and Normalisierung der vollständigen Modell- und Ein Modell-Differenzbild, Block 52, wird durch Subtrak- 65 jektionsdaten über den Eingabebereich Arekonstruiert. Modellbild 51 wird aus den vollständigen Modell-Prorekonstruiert. Ein vollständiges Computertomographie-. Minkelbereich wie die gemessenen Projektionsdaten aus den Modell-Projektionsdaten über den gleichen 60 reales Computertomographie-Teilbild Modell 50 wird mit dem Schwächungskoessisienten multipliziert. Ein der Röntgenquelle errechnet, und die Pfadlänge wird pekannten physikalischen Parametern des Teiles und errechnet. Schwächungskoelfizienten werden aus den 35 destructive Evaluation, Band 7, Seiten, 723-730. fehlenden Betrachtungswinkel über den Bereich $\Pi - \Theta$ trachtungswinkeln über den Bereich 🔗 als auch die, durch das Teil werden sowohl in den verfügbaren Besches Modell des Teiles geschaften, und Pfadlängen In der gleichen Weise wie vorher wird ein elektroni- 30 trachtungswinkeln werden errechnet, Blöcke 48 und 49. jektionsdaten bei einem vollständigen Satz von Beden verfügbaren Meßdaten rekonstruiert. Modell-Projektion an, dann wird ein reales Teilbild des Teiles aus Rekonstruktionsalgorithmus, der gefilterten Rückproren Betrachtungswinkeln gesammelt. Wendet man den gemessenen Projektionsdaten werden in den verfügba- 3 Winkelbereich O, Blocke 45-47, abgetastet und die Das Teil wird mit Röntgenstrahlen über den begrenzten eine Abtastung über 180° vollständige Daten liefert. 40 Das Diagramm ist für parallele Strahldaten, bei denen

beim Lösungsweg mit Projektionsdaten zu gestatten.

einen leichten Zugang zu Daten an anderen Punkten als

renden Bildes indirekt bzw. rechnerunabhangig sowie

hat aber den Vorteil, das Verarbeiten des fehlerkorrigie-

Fig. 9, steht in Beziehung zum Projektions-Lösungsweg,

gen und der Schwächung undr

trie des Teiles von dem Festmodellgeber in ein eine Zwischenstufe des Umwandelns der Geomenen der Fladiängen durch das elektronische Modell 10. Verfahren nach Anspruch 9, worin das Berech-

die Pfadlängen errechnet werden. zweidimensionales Pixelbild umfaßt, von dem aus

als ein vorausgewählter Maximal-Schwächungs-

Null, negative Pixel auf Null und Pixel, die größer

dem man Pixel außerhalb der Grenze des Teiles auf

Einstellen des Bildes mit Apriori-Information, in-

kalischer Parameter des Teiles und der Abbildungs-

durch das Teil unter Verwendung bekannter physi-Berechnen der Schwächung des Abbildungsmittels

von Information über die Begrenzung des Teiles;

Schaffen eines Modells des Teiles und Berechnen

Rekonstruieren eines Bildes des Teiles aus den ge-

gen gemessener Projektionsdaten an verfügbaren

über einen begrenzten Winkelbereich und Erzeu-

Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel

en Untersuchen unter Verwendung verbesserter

zweidimensionales Pixelbild umfaßt, von dem aus

trie des Teiles von einem Festmodellgeber in ein

eine Zwischenstuse des Umwandelns der Geome-

12. Verfahren nach Anspruch 11, worin das Berech-

renzbildes, um ein endgültiges Bild des Teiles zu nen Daten rekonstruiert ist und des Modell-Diffe-

Kombinieren des Teilbildes, das aus den gemesse-

struktionsfehler bei begrenztem Winkel darstellt

eines Modell-Differenzbildes, das einen Rekon-

vollständigen Modell- und Teilbildes, zur Schaffung

gen Modell-Projektionsdaten und Subtrahieren des

nes vollständigen Modellbildes aus den vollständikelbereich wie bei den gemessenen Daten und ei-

Modell-Projektionsdaten über den gleichen Win-

Rekonstruieren eines Modell-Teilbildes aus den

Modell-Projektionsdaten bei einem vollständigen

metern des Teiles und der Röntgenquelle und den

Schwächung aus bekannten physikalischen Para-

auch den fehlenden Betrachtungswinkeln, der

durch das Modell sowohl bei den verfügbaren als

Festmodellgeber und Berechnen der Pfadlänge

das abgeleitet ist aus einem dreidimensionalen

Schassen eines elektronischen Modells des Teiles,

Rekonstruieren eines Teilbildes des Teiles aus den

meszenet Projektionsdaten bei verfügbaren Be-

nen begrenzten Winkelbereich und Erzeugen ge-

Abtasten eines Teiles mit Röntgenstrahlen über ei-

en Untersuchen unter Verwendung verbesserter

11. Verfahren zum Abbilden beim zerstörungsfrei-

Satz von Betrachtungswinkeln;

gemessenen Projektionsdaten;

Apriori-Information, umfassend

trachtungswinkeln;

nen der Pfadlängen durch das elektronische Modell

13. Verfahren zum Abbilden beim zerstörungsfrei-

mittelquelle;

messenen Projektionsdaten;

Apriori-Information, umfassend:

die Pfadlängen berechnet werden.

Betrachtungswinkeln;

men ergeben.

Computertomographie-Rekonstruktionsalgorithzusammen einen vollständigen Datensatz für die messenen und errechneten Projektionsdaten, die Rekonstruieren eines Bildes des Teiles aus den ge-

physikalischen Eigenschalten und Bestimmen be-Kombinieren der Geometrie des Teiles und der

ner Beschränkung nicht abgetastet werden kann nicht zugänglichen Abtastbereich, der aufgrund eirechneter Abbildungsparameter-Daten über einen

2. Verfahren nach Anspruch 1, worin das Abbil- 10 gemessenen und errechneten Daten. Formen eines Bildes des genannten Teiles aus den

3. Verfahren nach Anspruch I, worin das Modell ein dungsmittel Röntgenstrahlen sind.

elektronisches Modell ist, das abgeleitet ist von ei-

dungsmittel-Pfadlängen durch das Modell und das nieren und Bestimmen das Berechnen von Abbil-4. Verfahren nach Anspruch 3, worin das Kombi- 15 nem sesten Modelliersystem.

umfabt. anz den genannten physikalischen Eigenschaften Berechnen der Schwächung des Abbildungsmittels

Apriori-Information, umfassend: en Untersuchung unter Verwendung verbesserter 5. Verfahren zum Abbilden bei der zerstörungsfrei-

gen gemessener Projektionsdaten in verfügbaren über einen begrenzten Winkelbereich und Erzeu- 25 Abtasten eines Teiles mit einem Abbildungsmittel

Schaffen eines elektronischen Modells des Teiles, Betrachtungswinkeln;

Pfadlängen durch das Modell bei den sehlenden abgeleitet ist, Berechnen der Abbildungsmittel- 30 das aus einem dreidimensionalen Festmodellgeber

quich das Teil aus bekannten physikalischen Para-Berechnen der Schwächung des Abbildungsmittels Betrachtungswinkeln;

tehlenden Betrachtungswinkeln aus den Pfadlän-Bestimmen berechneter Projektionsdaten an den inetern;

messenen und berechneten Projektionsdaten. Rekonstruieren eines Bildes des Teiles aus den gegen und der Schwächung und

dungsmittel Röntgenstrahlen sind. 6. Verfahren nach Anspruch 5, worin das Abbil-

schen Parameter die Materialien des Teiles und die 7. Verfahren nach Anspruch 6, worin die physikali-

aus dem elektronischen Modell in ein zweidimenstufe des Umwandelns der Geometrie des Teiles nen der Pfadlänge durch das Modell eine Zwischen-8. Verlahren nach Anspruch 5, worin das Berech-Röntgenquellenenergie sind.

9. Verfahren zum Abbilden bei einem zerstörungserrechnet werden. sionales Bild umfallt von dem die Pfadlängen aus 50

ter Apriori-Information, umfassend: freien Untersuchen unter Verwendung verbesser-

nen begrenzten Winkelbereich und Erzeugen ge-Abtasten eines Teiles mit Röntgenstrahlen über ei- 55

trachtungswinkeln; messener Projektionsdaten in verfügbaren Be-

das von einem dreidimensionalen Festmodellgeber 60 Schaffen eines elektronischen Modelles des Teiles,

Pfadlängen durch das elektronische Modell an fehabgeleitet ist und Berechnen der Röntgenstrahl-

kalischen Parametein des Teiles und einer Rönt- 65 Berechnen der Schwächung aus bekannten physilenden Betrachtungswinkeln;

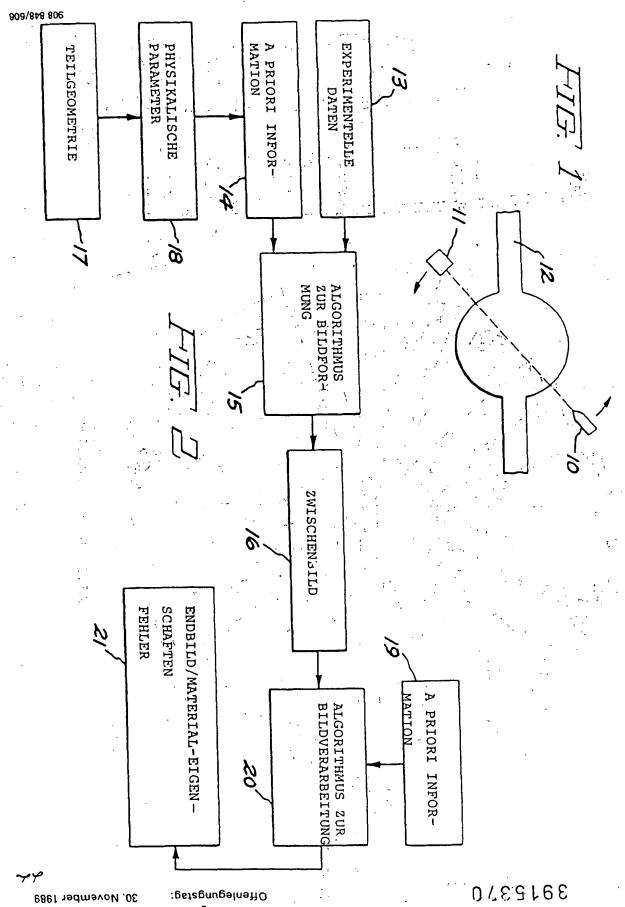
fehlenden Betrachtungswinkeln aus den Pfadlän-Bestimmen berechneter Projektionsdaten an den :əjjənbuə8

The second secon

dreidimensionalen Festmodellgeber. ein elektronisches Modell ist, abgeleitet von einem dungsmittel Röntgenstrahlen sind. 15. Verfahren nach Anspruch 13, worin das Modell 14. Verfahren nach Anspruch 13, worin das Abbiltät erhalten wird. tend verbesserter Bilder, bis eine genügende Qualiiteratives Rekonstruieren einer Reihe fortschrei-Projektionsdaten und: senen Projektionsdaten und berechneten fehlenden Rekonstruieren eines neuen Bildes aus den gemes- 5 begrenzten Winkelbereiches; nem modifizierten Bild bei Winkeln außerhalb des Berechnen der sehlenden Projektionsdaten von eiwert sind, auf den Maximalwert setzt; :-

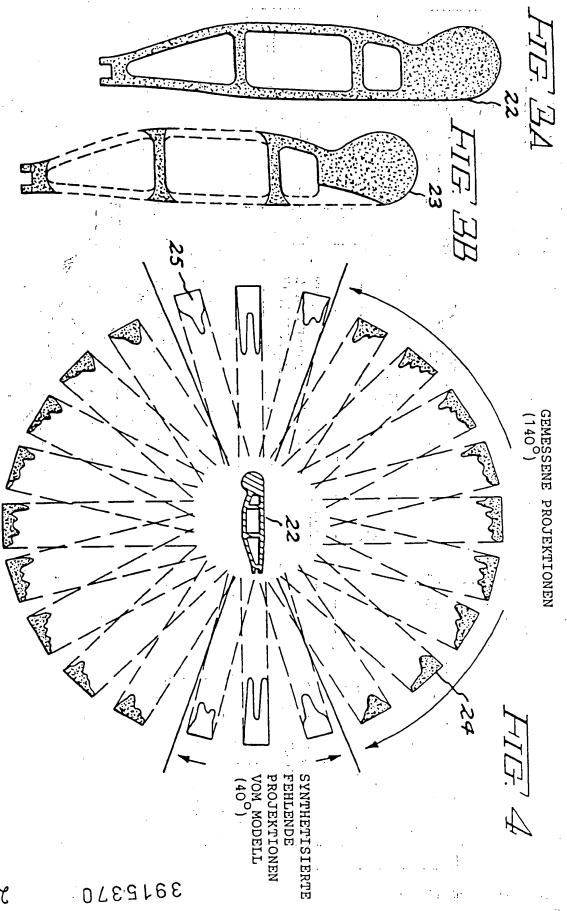
Service of the process of the process

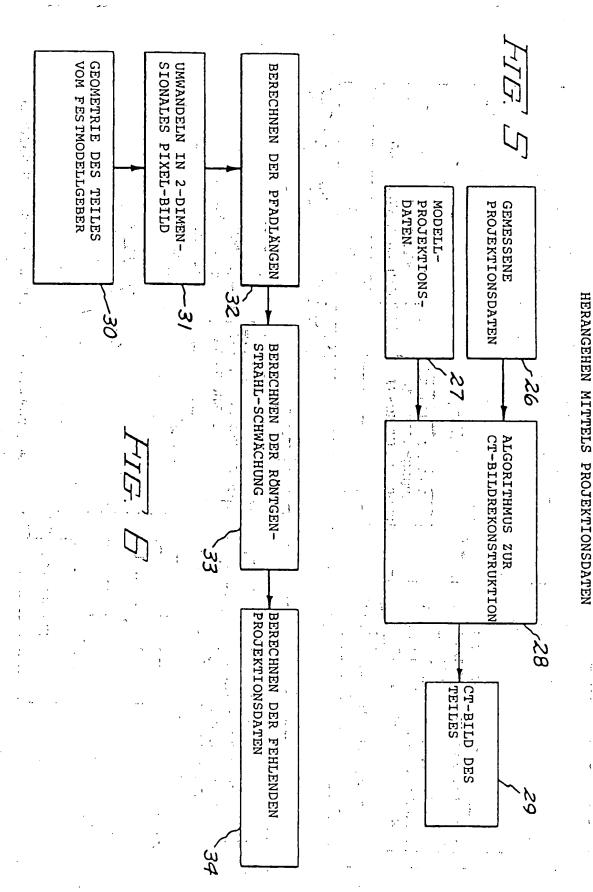
A CONTRACTOR AND A CONT



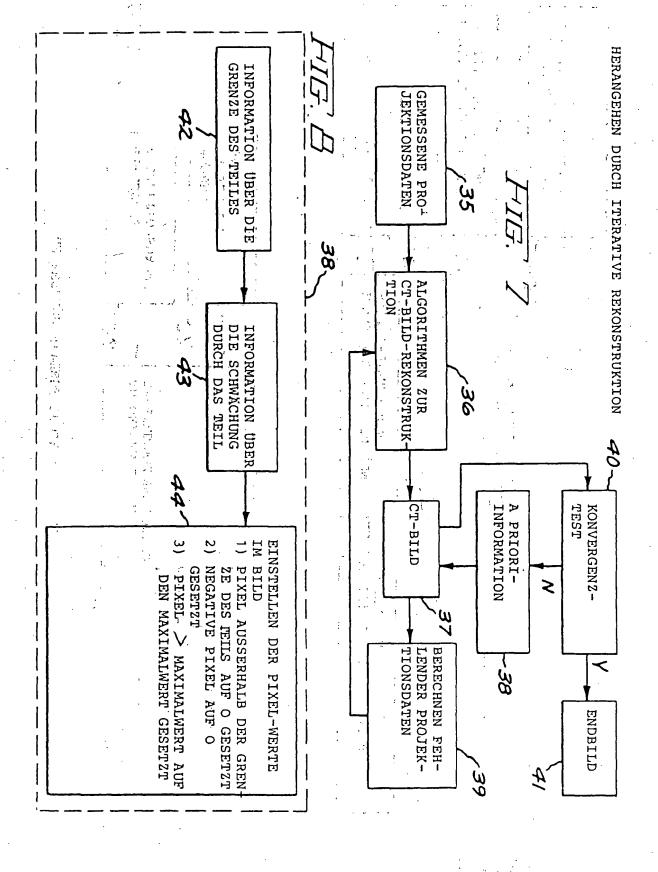
11. Mai 1989

C 06 F 15/62 07E 21 EE Anmeldetag: Int. Cl.4; :រe៊ីភាពារិស





hr



9°C

THE BUTTON TO LET

Ging mathod

MODELL-PROJEKTIONSDATEN DATEN ÜBER BEREICH O MODELL-PROJEKTIONS-DATEN ÜBER BEREICH O GEMESSENE PROJEKTIONS-UBER BEREICH T -0, HERANGEHEN ÜBER BILDVERARBEITUNG UND -ANALYSE 26 DES TEILES CT-BILD 55 TION REKONSTRUK-ALGORITHMUS 957 Qu! BILDVERARBEITUNG UND ANALYSE o pifferenz-TW. S. T. A) JOH BEREICH BEREICH CT-BILD EINGABE-BEREICH 01 CT-BILD CT-BILD EINGABEr.j 53 Page EINGABE-1) 0 A 16 ., Prous B13 : :. 4,0354550